

# Характеристики и обоснование клинического применения силера на основе трикальций силикатного цемента

Хабадзе З.С.<sup>1</sup>, к.м.н.  
 Морданов О.С.<sup>2</sup>  
 Тодуа И.М.<sup>2</sup>  
 Солиманов Ш.М.<sup>2</sup>  
 Нажмудинов Ш.А.<sup>2</sup>  
 Магомедов О.И.<sup>2</sup>  
 Аджиева А. Б.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Кафедра Терапевтической стоматологии  
 Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования  
 Российский университет дружбы народов (РУДН), Медицинский институт  
<sup>2</sup>Частная стоматологическая практика, Москва, Россия  
<sup>3</sup>Кафедра хирургической стоматологии и челюстно-лицевой хирургии  
 Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования  
 Российский университет дружбы народов (РУДН), Медицинский институт

## Резюме

Силеры на основе биокерамики были представлены на рынке после того, как появились биокерамические цементы. За последнее время проведено не мало исследований относительно физико-химических и биологических свойств силера на основе трикальций силикатного цемента, на примере BioRoot RCSTM. Свойства данного материала близки к свойствам дентина, что делает его применимым в эндодонтии. Целью данного обзора литературы являлось описание свойств трикальций силикатного цемента, их обоснование и сравнение с аналогичными свойствами силеров из различных других групп материалов.

**Ключевые слова:** трикальций силикатный цемент, эндодонтический силер, перелечивание.

**Для цитирования:** Хабадзе З.С., Морданов О.С., Тодуа И.М., Солиманов Ш.М., Нажмудинов Ш.А., Аджиева А. Б. Характеристики и обоснование клинического применения силера на основе трикальций силикатного цемента. *Эндодонтия today*. 2019; 17(4):30-34. DOI: 10.36377/1683-2981-2019-17-4-30-34.

## Characteristics and rationale for the clinical application of tricalcium silicate cement sealer

Z.S. Khabadze<sup>1</sup>, Ph.D.  
 O.S. Mordanov<sup>2</sup>  
 I.M. Todua<sup>2</sup>  
 S.M. Solimanov<sup>2</sup>  
 S.A. Nazhmudinov<sup>2</sup>  
 O.I. Magomedov<sup>2</sup>  
 A. B. Adzhieva<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Department of Therapeutic Dentistry  
 Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education Peoples' Friendship University of Russia (RUDN University), Medical Institute  
<sup>2</sup>Private dental practice, Moscow, Russia.  
<sup>3</sup>Department of Oral and Maxillofacial Surgery  
 Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education Peoples' Friendship University of Russia (RUDN University), Medical Institute

## Abstract

Bioceramics-based sealers were introduced to the market after bioceramic cements had appeared. Recently, lots of studies have been carried out regarding the physicochemical and biological properties of sealer such as BioRoot RCSTM based on tricalcium silicate cement. The properties of this material are close to the properties of dentin, which makes it applicable in endodontics. The aim of this literature review was to describe the properties of tricalcium silicate cement, its rationale and comparison with similar properties of sealers from various groups of materials.

**Keywords:** tricalcium silicate cement, endodontic sealer, retreatment.

**For citation:** Z.S. Khabadze, O.S. Mordanov, I.M. Todua, S.M. Solimanov, S.A. Nazhmudinov, O.I. Magomedov, A. B. Adzhieva. Characteristics and rationale for the clinical application of tricalcium silicate cement sealer. *Endodontics today*. 2019;17(4):30-34. DOI: 10.36377/1683-2981-2019-17-4-30-34.

## ВВЕДЕНИЕ

Одним из завершающих этапов эндодонтического лечения является obturация корневых каналов. Пломбирование корневого канала классическое выполняется с использованием гуттаперчи в сочетании с силером [1]. Исходя из основного химического состава, эндодонтические силеры могут быть классифицированы на стеклоиономерные; оксид цинк-эвгеноловые; эпоксидные смолы; силеры, содержащие гидроксид кальция; и силеры на основе биокерамики. Силеры на основе биокерамики были представлены на рынке после того, как появились биокерамические цементы, которые, как было доказано, обладают свойствами биосовместимости [2] и биологической активности [3,4].

Одним из представителей биокерамических цемента является Biodentine™ (Septodont, Сен-Море-де-Фосс, Франция), который имеет широкий спектр применения, в том числе при проведении пульпотомии, покрытии пульпы и эндодонтическом восстановлении перфорации корней, апексификации, резорбтивных поражениях и ретроградном пломбировании в эндодонтической хирургии [5,6]. Недавно был представлен силер на основе трикальций силикатного цемента, BioRoot RCSTM (Septodont, Сен-Море-де-Фосс, Франция), по составу схожий на Biodentine™.

**Целью** данного обзора литературы является обсуждение и сравнение физических, химических и биологических свойств биокерамического силера на примере BioRoot RCSTM, а также клинических особенностей применения.

## Состав

BioRoot RCS – это силер на водной основе. Порошковая часть BioRoot RCS состоит из силиката трикальция, повидона (всвязующий агент) и диоксида циркония (контрастное вещество), в то время как его жидкая часть состоит из хлорида кальция (акселератора отверждения) с поликарбоксилатом в виде водного раствора [7,8]. BioRoot RCS высвобождает гидроксид кальция после замешивания [8], и при контакте с физиологическим раствором образуется фосфат кальция.

## Физико-химические свойства

### Растворимость и пористость

Материалы для пломбирования корневых каналов должны быть более или менее нерастворимыми для предотвращения растворения жидкостями организма в корневом канале. Помимо апикального отверстия, существует множество микроскопических и макроскопических связей между системой корневых каналов и периодонтальной щелью и окружающей костью, а именно дентинных канальцев, дополнительных отверстий и латеральных каналов [9].

Urban et al. [10] в своем исследовании показали, что растворимость BioRoot RCS и MTA Fillapex увеличивалась в течение 6 месяцев. Однако это увеличение было значительно ниже в соляном растворе с фосфатным буфером, чем в дистиллированной воде. Для BioRoot RCS в соляном растворе с фосфатным буфером растворимость составляла менее 3% через 6 месяцев в соответствии с требованиями ISO 6876: 2012, тогда как MTA Fillapex был более растворимым. AH Plus практически не растворялся в течение всего периода. Несмотря на более высокую растворимость, pH MTA Fillapex был ниже по сравнению с BioRoot RCS. Значение pH находилось в щелочном диапазоне у BioRoot RCS в те-

чение примерно 4 месяцев, тогда как у MTA Fillapex оно составляло всего 1 месяц (рис. 1).

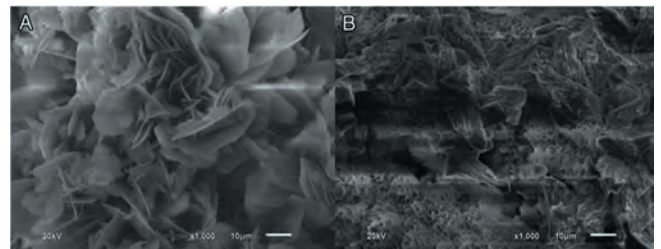
В протиположность данному исследованию, год спустя Elyassi et al. в 2019 году [11] продемонстрировали следующие результаты: силеры Total Fill и BioRoot RCS были более растворимы, чем другие силеры, и не соответствовали стандарту ISO спустя 24 часа. MTA Fillapex, несмотря на выполнение этого требования, превысил предел растворимости в 3% уже через 1 неделю. Растворимость AH Plus, Obturys и Apexit Plus находилась в пределах рекомендуемого предела 3% не только через 24 часа, как рекомендовано в спецификации ISO, но и через 4 недели.

В исследовании *ex vivo* с использованием микро-КТ, проведенном Viapiana и др. [12] способность BioRoot® RCS и AH Plus® эффективно закрывать каналы, результаты показали, что BioRoot® RCS имеет больший процент пористости, чем AH Plus® в значительном количестве, хотя BioRoot® RCS продемонстрировал лучшую картину проникновения, уплотнения и взаимодействия со стенками дентина по сравнению с AH Plus®. Также BioRoot® показал большую пористость по сравнению с MTA Fillapex®. Однако, как известно, микро-КТ имеет ограничение для данных целей исследования. Camilleri et al. [13] оценивал пористость четырех эндодонтических материалов, BioRoot® RCS, Biodentine®, прототипа трикальций силикатного цемента (TCS-20-Zr) и IRM; Пористость измеряли с помощью ртутной интрузионной порозиметрии. Результаты определили, что Biodentine® и IRM показали самые низкие уровни пористости.

Несоответствие между результатами этих исследований может быть связано с различиями в методах, используемых для высушивания образцов после того, как их подвергли их к тестам на растворимость и пористость.

### Сопротивление на смещение

Связь между стенкой корневого канала и филером, заполняющим корневой канал, устанавливается эндодонтическим силером. Прочная и долговременная связь между стенкой корневого канала и филером является одним из аспектов предотвращения инфекции корневого канала, вызванной либо повторным ростом микроорганизмов, либо вновь возникшей инфекцией вследствие коронарной или апикальной утечки [14,15]. BioRoot RCS показал меньшее сопротивление на смещение, чем AH Plus и Total Fill BC Sealer, но более высокие значения по сравнению с Endo CPM Sealer [16].



**Рис. 1. СЭМ-микрофотография поверхности BioRoot RCS после 6 месяцев в соляном растворе с фосфатным буфером или (А) и дистиллированной воде (В). Оригинальное увеличение, X 1000 [10]**

**Fig. 1. SEM micrograph of the BioRoot RCS surface after 6 month storage in PBS (A) and AD (B). Original magnification, X 1000 [10]**

Удаление смазанного слоя значительно влияет на сопротивление на смещение. Ретенция силеров на основе силиката кальция была выше, чем у силеров на основе эпоксидной смолы, когда сохранялся смазанный слой. BioRoot RCS обладал более высокой ретенцией по сравнению с MTA Plus и AH 26, когда смазанный слой был удален [17].

#### Пенетрация

Проникновение силера в дентинные каналы может привести к запечатыванию микроорганизмов вдали от среды их питания [18,19]. Самое высокое измерение было получено в образцах, запломбированных с использованием BioRoot RCS и гуттаперчей, тогда как самое низкое было получено в образцах, запломбированных AH 26 и гуттаперчей. BioRoot RCS проник глубже по сравнению с AH 26 во всех третях [20].

Смазанный слой не влияет на глубину проникновения силера корневых каналов [20]. Однако глубина проникновения MTA Plus была значительно выше по сравнению с BioRoot RCS и AH 26, когда смазанный слой был сохранен. Также BioRoot RCS показал наименьшую глубину проникновения при удалении смазанного слоя.

Что касается других физико-химических свойств, BioRoot RCS – это биологически активный материал, способный образовывать депозиты карбоксиапатита в связи с его продолжительной способностью высвобождать ионы кальция и укреплять окружающие ткани [21]. Толщина отложений апатита уменьшается следующим образом: BioRoot RCS > MTA Fillapex > AH Plus > Pulp Canal Sealer (без отложений).

#### Биологические свойства

##### Микробиологическая активность

Силеры на основе силиката кальция приобрели популярность в эндодонтии благодаря своим превосходным биологическим свойствам [22, 23]. Идеальный эндодонтический силер должен обладать противомикробной активностью, чтобы помочь уничтожить микроорганизмы, которые выживают в системе корневых каналов после химико-механической обработки и очистки, и, таким образом, должен повышать вероятность успеха эндодонтического лечения.

Alsubait et al. [24] в своем исследовании эффекта силера против *E. faecalis* продемонстрировали, что BioRoot RCS имел сильный антимикробный эффект на 1-й день, который значительно уменьшился на 7-й день. Однако наиболее сильный антимикробный эффект BioRoot RCS был зарегистрирован на 30 день, и он был значительно эффективнее Totalfill BC и AH Plus. В другом исследовании сообщалось, что BioRoot RCS обладает значительно более высокой антимикробной активностью, чем AH Plus после 7 дней воздействия [25].

##### Биоактивность и биосовместимость

Camps et al. [26] экспериментально продемонстрировали жизнеспособность клеток периодонта после прямого контакта с BioRoot RCS (рис. 2) их способность секретировать значительные уровни остеогенных и ангиогенных факторов, таких как BMP-2, VEGF и FGF-2. Этот уровень секреции выше, чем уровень, полученный при использовании обычных силеров на основе цинк-оксид-эвгенола. Эти данные показывают, что эндодонтический силер на основе трикальцийсиликата (BioRoot RCS) обладает биологически активными свойствами. Основываясь на этих свойствах, можно предположить, что BioRoot RCS может вызы-

вать ангиогенез и остеогенез. Оба свойства являются необходимыми условиями для регенерации периапикальных тканей.

Jung et al. заключили, что контакт столько что приотворенного AH Plus и Pale Canal Sealer или MTA Fillapex, соответственно, в отвержденном состоянии приводит к цитотоксическому действию на клетки периодонта. В отличие от этого, BioRoot RCS положительно влияет на метаболизм клеток периодонта и является биосовместимым [27]. Вышеуказанные особенности были также продемонстрированы авторами других исследований [33-36].

Это происходит потому, что концепция синтеза и способа действия Bio-Root RCS в основном сходна с концепцией исходных цементов на основе силиката кальция [28]. Он состоит из водной матрицы, которая способствует образованию Ca (OH) 2 и выщелачиванию Ca<sup>2+</sup> в процессе гидратации [29]. Вместо этого биосовместимые и биоактивные наполнители, добавляемые в силеры на основе смол, могут быть заключены в матрицу смолы, которая действует как физический барьер и предотвращает диффузию воды. В результате наполнители остаются относительно инертными из-за отсутствия фазы гидратации [30-32].

#### Особенности клинического применения

##### Перелечивание

Силикаты кальция в эндодонтии используются как для апексификации (где материалы используются отдельно), так и в качестве силера (где они используются в сочетании с гуттаперчей). Независимо от ситуации, перелечивание корневых каналов требует удаления пломбировочных материалов, получения проходимости и дезинфекции системы корневых каналов [48,49].

Результаты Pedullà et al [37] показали, что ультразвуковая активация и Tornado Brush были значительно эффективнее, чем ирригация из шприца при удалении BioRoot RCS.

Donnermeyer et al. [38] сделали вывод, что перелечивание каналов ранее запломбированных силерами на основе силиката кальция проходило успешнее по сравнению с перелечиванием корневых каналов с силером AH Plus, так как наблюдалось меньшее количество остатков силера и более короткое время перелечивания. Перелечивание с использованием машинных NiTi-инструментов было эффективнее по сравнению с использованием ручных файлов.

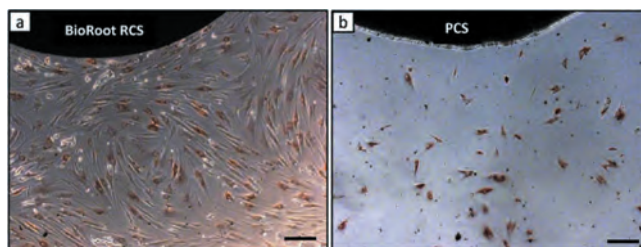


Рис. 2. Жизнеспособность клеток периодонта после прямого контакта с материалом. Изображения после 48 часов культивирования в присутствии BioRoot RCS (a) и цинк-оксид-эвгенолового силера (PCS) (b)

Fig. 2. Viability of periodontal cells after direct contact with the material. Images after 48 hours of cultivation in the presence of BioRoot RCS (a) and zinc oxide-eugenol sealer (PCS) (b)



Однако, Kakoura et al. [39] показали, что как био-керамика, так и силеры на основе эпоксидной смолы оставляют одинаковое количество материала после повторной обработки канала, но рабочая длина и восстановление проходимости были достижимы во всех группах.

### Закрытие перфораций

Ятрогенные ошибки, такие как транспортировка корневых каналов или зиппинг, могут привести к неконтролируемым и случайным апикальным или латеральным перфорациям корня. Риск перфорации значительно увеличивается во время перелечивания корневых каналов [40-42]. Герметизация перфорации является ключевым фактором в успехе лечения. Оценка пористости силеров широко используется для оценки герметичности материалов и качества obturation [43,44]. Распределение пор в BioRoot RCS имело следующую картину: большинство пор были классифицированы как «открытые» (80%) и только 20% как «закрытые» поры» [45]. Также авторы отметили, что из-за более вы-

сокой общей пористости МТА, его объем открытых пор был значительно выше по сравнению с порами BioRoot RCS. Между тем, было показано, что его пористость со временем уменьшается в присутствии жидкостей, что делает его приемлемым для закрытия перфораций [46,47].

### Вывод

Биокерамические силеры отличаются от традиционных силеров, в основном из-за их гидравлической природы и взаимодействия с окружающей средой. Независимо от схожей химии они имеют другой механизм связи и биологические свойства. Современные эндодонтические протоколы требуют использования материалов, способных не только выполнять хорошее и стабильное уплотнение и предотвращать рецидив инфекции, но также способствовать регенерации периапикальной ткани и способствовать рекрутированию остеоодонтогенных стволовых клеток в апикальной среде, чем и обладают силеры на основе трикальций силикатного цемента.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ / REFERENCES

1. Orstavik, D. Materials used for root canal obturation: Technical, biological and clinical testing. Endod. Top. 2005, 12, 25–38.
2. Keiser, K.; Johnson, C.; Tipton, D. Cytotoxicity of mineral trioxide aggregate using human periodontal ligament fibroblasts. J. Endod. 2000, 26, 288–291.
3. S. Sarkar, N.K.; Caicedo, R.; Ritwik, P.; Moiseyeva, R.; Kawashima, I. Physicochemical basis of the biologic properties of mineral trioxide aggregate. J. Endod. 2005, 31, 97–100.
4. G. Graziotin-Soares, R.; Nekoofar, M.H.; Davies, T.; Hubler, R.; Meraji, N.; Dummer, P.M.H. Crystalline phases involved in the hydration of calcium silicate-based cements: Semi-quantitative Rietveld X-ray diffraction analysis. Aust. Endod. J. 2017.
5. Malkondu O, Karapinar Kazandag M, Kazazoglu E (2014) A review on biodentine, a contemporary dentine replacement and repair material. Biomed Res Int 2014; 160951.
6. Хабадзе З.С., Зорян А.В., Магай В.Е и др. Biodentine™ или MTA ProRoot™: сравнительный анализ применения в эндодонтической практике. Эндодонтия today. 2019; 17(3):47-53. DOI: 10.36377/1683-2981-2019-17-3-47-53.
7. Z.S. Khabadze, A.V. Zoryan, V.E. Magay, et al. Biodentine™ or MTA ProRoot™: the comparative analysis of application in endodontics. Endodontics today. 2019;17(3):47-53. DOI: 10.36377/1683-2981-2019-17-3-47-53.
8. Camilleri J. Sealers and warm gutta-percha obturation techniques. J Endod 2015; 41(1): 72–78.
9. Xuereb M, Vella P, Damidot D, Sammut CV, Camilleri J. In situ assessment of the setting of tricalcium silicate-based sealers using a dentin pressure model. J Endod 2015; 41(1): 111–124.
10. Dammaschke, T., Witt, M., Ott, K., Schäfer, E. Scanning electron microscopic investigation of incidence, location, and size of accessory foramina in primary and permanent molars (2004) Quintessence International, 35 (9), pp. 699-705.
11. Urban K, Neuhaus J, Donnermeyer D, Schäfer E, Dammaschke T. Solubility and pH Value of 3 Different Root Canal Sealers: A Long-term Investigation. J Endod. 2018 Nov;44(11):1736-1740.
12. Elyassi Y, Moinzadeh A, Kleverlaan C. Characterization of Leachates from 6 Root Canal Sealers. J Endod. 2019 May;45(5):623-627.
13. Viapiana R, Moinzadeh AT, Camilleri L, Wesselink PR, Tanomaru Filho M, Camilleri J, et al. Porosity and sealing ability of root fillings with gutta-percha and bioRoot RCS or AH plus sealers. Evaluation by three ex vivo methods. Int Endod J. 2016;49:774–82.
14. Camilleri J, Grech L, Galea K, Keir D, Fenech M, Formosa L, et al. Porosity and root dentine to material interface assessment of calcium silicate-based root-end filling materials. Clin Oral Investig. 2014;18:1437–46.
15. Wu MK, Fan B, Wesselink PR. Diminished leakage along root canals filled with gutta-percha without sealer over time: a laboratory study. Int Endod J. 2000;33:121–5.
16. Whitworth J. Methods of filling root canals: principles and practices. Endod Topics. 2005;12:2–24.
17. Donnermeyer D, Dornseifer P, Schäfer E, Dammaschke T. The push-out bond strength of calcium silicate-based endodontic sealers. Head Face Med. 2018;14(1):13. Published 2018 Aug 20.

17. Aktemur Türker S, Uzunoglu E, Purali N. Evaluation of dentinal tubule penetration depth and push-out bond strength of AH 26, BioRoot RCS, and MTA Plus root canal sealers in presence or absence of smear layer. J Dent Res Dent Clin Dent Prospects. 2018;12(4):294–298. doi:10.15171/joddd.2018.046

18. Sedgley CM, Lennan SL, Appelbe OK. Survival of Enterococcus faecalis in root canals ex vivo. Int Endod J 2005;38:735–42.

19. Saleh IM, Ruyter IE, Haapasalo M, Ørstavik D. Survival of Enterococcus faecalis in infected dentinal tubules after root canal filling with different root canal sealers in vitro. Int Endod J 2004;37:193–8.

20. Uzunoglu-Özyürek E, Erdoğan Ö, Aktemur Türker S. Effect of Calcium Hydroxide Dressing on the Dentinal Tubule Penetration of 2 Different Root Canal Sealers: A Confocal Laser Scanning Microscopic Study. J Endod. 2018 Jun;44(6):1018-1023.

21. Siboni F, Taddei P, Zamparini F et al. Properties of BioRoot RCS, a tricalcium silicate endodontic sealer modified with povidone and polycarboxylate. Int Endod J. 2017 Dec;50 Suppl 2:e120-e136.

22. Camps J, Jeanneau C, El Ayachi I, Laurent P, About I. Bioactivity of a calcium silicate-based endodontic cement (Bio-Root RCS): interactions with human periodontal ligament cells in vitro. J Endod. 2015;41:1469–73.

23. Topcuoglu HS, Tuncay O, Karatas E, Arslan H, Yeter K. In vitro fracture resistance of roots obturated with epoxy resin-based, mineral trioxide aggregate-based, and bioceramic root canal sealers. J Endod. 2013;39:1630–3.

24. Alsobait S, Albader S, Alajlan N et al. Comparison of the antibacterial activity of calcium silicate- and epoxy resin-based endodontic sealers against Enterococcus faecalis biofilms: a confocal laser-scanning microscopy analysis. Odontology. 2019 Oct;107(4):513-520.

25. Arias-Moliz MT, Camilleri J. The effect of the final irrigant on the antimicrobial activity of root canal sealers. J Dent. 2016;52:30–6.

26. Camps J, Jeanneau C, El Ayachi I, Laurent P. Bioactivity of a Calcium Silicate-based Endodontic Cement (BioRoot RCS): Interactions with Human Periodontal Ligament Cells In Vitro. J Endod. 2015 Sep;41(9):1469-73.

- Полный список литературы находится в редакции

**Конфликт интересов:**

*Авторы декларируют отсутствие*

*конфликта интересов /*

*Conflict of interests:*

*The Authors declare no conflict of interests.*

**Поступила/Article received 17.10.2019**

*Координаты для связи с авторами /*

*Coordinates for communication with authors:*

*Хабадзе З.С. / Z.S. Khabadze*

*E-mail: dr.zura@mail.ru*

*ORCID: 0000-0002-7257-5503*